

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JC714 U.S. PTO
09/694625
10/23/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1 9 9 9 年 1 0 月 2 5 日

出 願 番 号
Application Number:

平成 1 1 年 特 許 願 第 3 0 2 6 7 6 号

出 願 人
Applicant (s):

松下電器産業株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 0 年 7 月 2 8 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造

【書類名】 特許願

【整理番号】 R3481

【提出日】 平成11年10月25日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02F 1/37

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 水内 公典

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 山本 和久

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 児島 理恵

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 山田 昇

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095555

【弁理士】

【氏名又は名称】 池内 寛幸

【電話番号】 06-6361-9334

【選任した代理人】

【識別番号】 100076576

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐藤 公博

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012162

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003743

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波路デバイス及びこれを用いた多波長光源及びこれを用いた光学システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、該基板の表面近傍に形成された複数の光導波路と、該光導波路の一端に形成された入射部と、前記光導波路の他端に形成された出射部とを備えた光導波路デバイスであって、

前記複数の光導波路が互いに異なる位相整合条件を満足し、

前記複数の光導波路の出射部を略同位置に設けたことを特徴とする光導波路デバイス。

【請求項 2】 前記光導波路の一部に反射器を有している請求項 1 記載の光導波路デバイス。

【請求項 3】 前記光導波路の出射部における基板対向面の法線が前記基板表面と約 4 5 度の角度をなす請求項 1 または 2 記載の光導波路デバイス。

【請求項 4】 前記位相整合条件が第 2 高調波に対する位相整合条件である請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の光導波路デバイス。

【請求項 5】 前記位相整合条件が和周波に対する位相整合条件である請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の光導波路デバイス。

【請求項 6】 前記光導波路の一部が互いに他の光導波路と光学的に結合している請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の光導波路デバイス。

【請求項 7】 波長の異なる複数のコヒーレント光源と、
請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の光導波路デバイスとを備え、
前記コヒーレント光源からの光を前記光導波路デバイスにより波長変換することを特徴とする多波長光源。

【請求項 8】 前記コヒーレント光源は半導体レーザであり、前記光導波路デバイスの入射部と前記半導体レーザが直接結合されている請求項 7 記載の多波長光源。

【請求項 9】 前記波長の異なるコヒーレント光源が、一つの基板上に形成されたマルチストライプの半導体レーザである請求項 7 または 8 記載の多波長光源

【請求項 1 0】 前記コヒーレント光源が波長可変機能を有する請求項 7 から 9 のいずれか一項に記載の多波長光源。

【請求項 1 1】 前記光導波路デバイスが、電極構造を有し、該電極により出力変調を行う請求項 7 から 1 0 のいずれか一項に記載の多波長光源。

【請求項 1 2】 請求項 7 から 1 1 のいずれか一項に記載の多波長光源と、集光光学系とを備えたことを特徴とする光学システム。

【請求項 1 3】 前記光学システムはさらに波長フィルタを備え、前記多波長光源からの光を前記波長フィルタにより分離する請求項 1 2 記載の光学システム。

【請求項 1 4】 前記波長フィルタにより検出光を分離する請求項 1 3 記載の光学システム。

【請求項 1 5】 前記多波長光源からの出射光に、波長に応じて異なる強度変調を加えた請求項 1 2 から 1 4 のいずれか一項に記載の光学システム。

【請求項 1 6】 前記光学システムはさらに記録媒体を備え、前記記録媒体に、前記多波長光源からの光を前記集光光学系により集光し、前記記録媒体が波長選択機能を有している請求項 1 2 から 1 5 のいずれか一項に記載の光学システム。

【請求項 1 7】 前記多波長光源からの複数の波長の光により、前記記録媒体に同時に記録または再生を行う請求項 1 6 記載の光学システム。

【請求項 1 8】 前記多波長光源からの少なくとも一つの波長の光により、前記記録媒体に記録を行い、同時に前記多波長光源からの他の波長の光により、前記記録媒体から情報を検出する請求項 1 6 記載の光学システム。

【請求項 1 9】 前記多波長光源からの複数の波長の光を混合して、前記記録媒体に記録する請求項 1 6 記載の光学システム。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、コヒーレント光源を応用した、光情報処理、光応用計測分野に使用

される光導波路デバイスに関し、さらには、光導波路デバイスを用いた多波長光源および光学システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

非線形光学効果を利用した光波長変換は、短波長化、使用波長範囲の拡大を可能にするため、多くの分野での応用が実現されている。特に、2次の非線形光学効果を利用した第2高調波発生（SHG）や和周波発生（SFG）は短波長光源の実現に有効な手段であり、種々の光源が実用化されている。中でも光導波路を利用した光導波路型の非線形光学デバイスは高効率化が容易であり、小型化、ウェハプロセスによる量産化が可能であるため、小型の短波長光源として民生機器への応用が期待されている。

【0003】

現在、光導波路型SHG素子の主流となっているのが、周期性を有する分極反転構造を利用した擬似位相整合型（QPM）のSHG素子である。QPM-SHG素子は、位相整合波長を分極反転周期により任意に設定でき、高効率の波長変換が可能である等の利点を有することで、一つの素子内に異なる位相整合波長の光導波路の形成が可能となる。これを利用したQPM-SHG素子が従来から提案されている。

【0004】

図9に、異なる位相整合特性を有する光導波路を一つの基板上に集積化した従来の光導波路デバイスの一例を平面図で示す。LiNbO₃基板91上に複数の光導波路92を形成し、光導波路92を横切るように周期の異なる分極反転構造93を形成することにより、一つの基板上に異なる位相整合特性を有する複数の光導波路が形成されることになる。QPM-SHG素子の短所として、位相整合波長の許容度が極端に狭いという問題がある。この素子は、位相整合波長が徐々に異なる光導波路を形成することで、基本波光源の波長と位相整合する光導波路をいずれかの場所に形成できる。即ち、光導波路を選択することで任意の波長の基本波と位相整合が可能となる。

【0005】

図 1 0 に、異なる位相整合波長の光導波路を一つの基板上に集積化した光導波路デバイスとして、位相整合波長の許容度の拡大を実現した従来の QPM-SHG 素子を平面図で示す。図 1 0 において、一つの光導波路上に複数の分極反転領域 $\Lambda 1$ 、 $\Lambda 2$ 、 $\Lambda 3$ が形成され、各分極反転領域は異なる位相整合条件を有する。異なる位相整合条件を有する分極反転領域を組み合わせることで、光導波路デバイス全体の位相整合波長の許容度の拡大を図っている。波長許容度を拡大することで、基本波の波長変動に対して安定な出力特性が得られる。

【0006】

一方、複数の波長の光源を得ようとする試みは、半導体レーザによっても提案されている。半導体レーザ上に異なる活性層を形成し、1チップから異なる波長のレーザ光源を出射する方法がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、光導波路デバイスにより同一または近接した発光点より複数の波長の異なるコヒーレント光を得る構成を実現しようとするものである。

【0008】

これに対し、従来の導波路型光デバイスは、異なる位相整合特性を有する複数の光導波路を一つのデバイス上に集積化しているが、異なる波長の基本波を同時に波長変換する構成は提案されていない。

【0009】

さらに、1チップ半導体レーザから同時に波長の異なる光を出射する構成はあるが、光導波路の出射部は異なる位置に形成されているため、一つの光学系により2つの出射光を同時に集光するには、収差が大きくなり、回折限界までの集光特性を得るには複雑な光学系を有するという問題があった。

【0010】

したがって、本発明は、上記問題点を解決し、波長の異なる多波長のコヒーレント光を同時に射出可能な光導波路デバイスを提供し、また、この光導波路デバイスと光源を一体化した多波長光源を提供し、さらには、この多波長光源を用いた光学システムを提供することを目的とする。

【0 0 1 1】

【課題を解決するための手段】

前記の目的を達成するため、本発明の光導波路デバイスは、基板と、該基板の表面近傍に形成された複数の光導波路と、該光導波路の一端に形成された入射部と、前記光導波路の他端に形成された出射部とを備えた光導波路デバイスであって、前記複数の光導波路が互いに異なる位相整合条件を満足し、前記複数の光導波路の出射部を略同位置に設けたことを特徴とする。

【0 0 1 2】

本発明の前記光導波路デバイスによれば、光源からの異なる波長の基本波を同時に波長変換することができ、同一の出射部から多波長の出射光が出射されるため、同一点光源からの出射光となり、色収差補正を行った対称構造のレンズ系を用いると回折限界までの集光が可能となる。

【0 0 1 3】

本発明の前記光導波路デバイスにおいて、前記光導波路の一部に反射器を有していることが好ましい。

【0 0 1 4】

この構成によれば、反射器を用いることで、少ない基板面積で長い光導波路が形成できるため、基板面積の有効利用と波長変換の高効率化が実現できる。

【0 0 1 5】

また、本発明の前記光導波路デバイスにおいて、前記光導波路の出射部における基板対向面の法線が前記基板表面と約 4 5 度の角度をなすことが好ましい。

【0 0 1 6】

この構成によれば、出射光を基板の表面または裏面から取り出すことができるので、基板表面へのグレーティング、検出器等の集積化が容易になり、小型の集積化光源を実現することができる。

【0 0 1 7】

また、本発明の前記光導波路デバイスにおいて、前記位相整合条件が第 2 高調波に対する位相整合条件であることが好ましい。

【0 0 1 8】

この構成によれば、現在市販されている異なる波長の半導体レーザを光導波路デバイスに結合することで、青色発光領域である 4 0 0 n m 帯の複数の波長の光を単一の光導波路デバイスより容易に出射でき、光学情報記録媒体への高密度光記録が可能になる。

【 0 0 1 9 】

または、本発明の前記光導波路デバイスにおいて、前記位相整合条件が和周波に対する位相整合条件であることが好ましい。

【 0 0 2 0 】

この構成によれば、和周波に対する位相整合条件を満足する分極反転領域を加えることで、発振波長をさらに多くすることができる。

【 0 0 2 1 】

また、本発明の前記光導波路デバイスにおいて、前記光導波路の一部が互いに他の光導波路と光学的に結合していることが好ましい。

【 0 0 2 2 】

この構成によれば、少ない基板面積で長い光導波路が形成できるため、基板面積の有効利用と波長変換の高効率化が実現できる。

【 0 0 2 3 】

前記の目的を達成するため、本発明の多波長光源は、波長の異なる複数のコヒーレント光源と、前記光導波路デバイスとを備え、前記コヒーレント光源からの光を前記光導波路デバイスにより波長変換することを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

本発明の前記多波長光源によれば、コヒーレント光源からの異なる波長の基本波を同時に波長変換することができ、同一の出射部から多波長の出射光が出射されるため、同一点光源からの出射光となり、色収差補正を行った対称構造のレンズ系を用いると回折限界までの集光が可能となる。

【 0 0 2 5 】

本発明の前記多波長光源において、前記コヒーレント光源は半導体レーザであり、前記光導波路デバイスの入射部と前記半導体レーザが直接結合されていることが好ましい。

【 0 0 2 6 】

また、本発明の前記多波長光源において、前記波長の異なるコヒーレント光源が、一つの基板上に形成されたマルチストライプの半導体レーザであることが好ましい。

【 0 0 2 7 】

また、本発明の前記多波長光源において、前記コヒーレント光源が波長可変機能を有することが好ましい。

【 0 0 2 8 】

この構成によれば、0. 1 n m程度と狭い擬似位相整合型（Q P M）の第2高調波発生（S H G）素子の位相整合波長許容度に対して、コヒーレント光源の波長を可変制御して位相整合波長に合致させることで、高効率の波長変換が可能となるだけでなく、周囲の温度変化により位相整合波長が変動した場合でも、コヒーレント光源の波長を可変制御することで、常に安定な出力が得られる。さらに、位相整合波長を制御することで、出射する光を切り替えることも可能となる。

【 0 0 2 9 】

さらに、本発明の前記多波長光源において、前記光導波路デバイスが、電極構造を有し、該電極により出力変調を行うことが好ましい。

【 0 0 3 0 】

この構成によれば、光導波路上に電極構造を集積化し、これに電圧を印加することで光導波路の屈折率を変化させて出力変調を行うと、半導体レーザの出力を変調する場合と比べて、出力変動に伴う半導体レーザの発振波長の変動がなくなるので、安定な出力変調が可能となる。

【 0 0 3 1 】

前記の目的を達成するため、本発明の光学システムは、前記多波長光源と、集光光学系とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 3 2 】

本発明の前記光学システムによれば、特殊な集光レンズや、光学系内に収差補正用のグレーティング素子等を設けることなく、簡易な光学システムで光学調整も容易になる。また、短波長の多波長光源を適用するうえで非常に有効となる。

【0033】

本発明の前記光学システムはさらに波長フィルタを備え、前記多波長光源からの光を前記波長フィルタにより分離し、前記波長フィルタにより検出光を分離することが好ましい。

【0034】

この構成によれば、例えば、記録媒体を構成する2層の記録層の間に波長フィルタを形成して、この波長フィルタにより、1層目の記録層には2つの波長の光が到達するが、2層目の記録層には一方の波長しか到達しない構成にすることで、2波長を分離し、1層目の記録層への記録再生時に2層目の記録層に与える影響を低減することができる。また、フォトディテクタの前に波長フィルタを設けて、波長フィルタにより2波長を分離した後、異なるフォトディテクタによりそれぞれの波長の光を検出することで、1層目と2層目の記録層に対する同時再生が可能になる。また、一方の光を再生専用、他の光を記録および消去専用に使用することができ、光源の光出力の切り替えを行わない高速の光記録が可能となる。また、多波長光源は発光点が同一であるため、同一の集光点に2波長の光を集光でき、記録と再生を同時に行うことができる。

【0035】

また、本発明の前記光学システムにおいて、前記多波長光源からの出射光に、波長に応じて異なる強度変調を加えることが好ましい。

【0036】

この構成によれば、一方の波長の光を連続発振（CW）動作させ、他方の光を高周波で変調することにより、SHG出力の大幅な増大が可能となる。

【0037】

また、本発明の前記光学システムはさらに記録媒体を備え、前記記録媒体に、前記多波長光源からの光を前記集光光学系により集光し、前記記録媒体が波長選択機能を有していることが好ましい。

【0038】

また、本発明の前記光学システムにおいて、前記多波長光源からの複数の波長の光により、前記記録媒体に同時に記録または再生を行うことが好ましい。

【0 0 3 9】

また、本発明の前記光学システムにおいて、前記多波長光源からの少なくとも一つの波長の光により、前記記録媒体に記録を行い、同時に前記多波長光源からの他の波長の光により、前記記録媒体から情報を検出することが好ましい。

【0 0 4 0】

さらに、本発明の前記光学システムにおいて、前記多波長光源からの複数の波長の光を混合して、前記記録媒体に記録することが好ましい。

【0 0 4 1】

【発明の実施の形態】

本発明は、非線形光学効果を利用した光波長変換素子である光導波路デバイスにより、多波長光源および光学システムを実現するものであり、その特徴は、以下の3点にある。

- ・複数のコヒーレント光源から光導波路デバイスの導波路内に光を入射するため、複数の入射部を備えている。
- ・複数のコヒーレント光源に対し位相整合条件を成立させるため、異なる位相整合条件の光導波路を備えている。
- ・波長変換した光を出射する出射部を有し、かつ出射光の集光特性を高めるため、略同位置に出射部を配置している。

【0 0 4 2】

まず最初に、本発明の光導波路デバイスを用いた多波長光源について説明を行う。

【0 0 4 3】

(実施の形態1)

図1に、本発明の第1の光導波路デバイスを用いた多波長光源の構成を平面図で示す。基板11上に形成された2本の光導波路12-1、12-2は出射部16近傍でY分岐導波路17を用いて合波し単一導波路となっている。光導波路12-1、12-2には、それぞれ周期の異なる分極反転構造13-1、13-2が形成されている。半導体レーザ15-1、15-2から出射された基本波は、それぞれ光導波路12-1、12-2の入射部14-1、14-2に結合し、分

極反転構造 1 3 - 1、1 3 - 2 で波長変換された後、Y 分岐導波路 1 7 により合波され、出射部 1 6 より出射する。

【0 0 4 4】

半導体レーザ 1 5 - 1、1 5 - 2 の発振波長はそれぞれ 8 2 0 n m と 8 4 0 n m で、分極反転周期はそれぞれの波長に位相整合するよう調整している。波長変換された光は波長 4 1 0 n m、4 2 0 n m で出射部 1 6 より出射される。光源としては、それぞれの基本波 8 2 0 n m、8 4 0 n m の光と波長変換された光 4 1 0 n m、4 2 0 n m の 4 波長の光を同一の出射部 1 6 より出射する多波長光源となる。さらに、半導体レーザを変調することで、出射される光を変調、また片方の光のみを出射する等の制御が可能となる。同一の出射部 1 6 から多波長の出射光が出射されるため、同一点光源からの出射光となり、色収差補正を行った対称構造のレンズ系により回折限界までの集光が可能となる。

【0 0 4 5】

通常、多波長の光源を用いる場合は、光源を複数必要とし、その発光点の間隔はかなり広い。半導体レーザを集積化して形成した場合でも 1 0 0 μ m 以上、単純に複数の半導体レーザを接触させて固定した場合は、数 1 0 0 μ m の間隔を必要とする。また、同一の基板に半導体レーザの発光点を複数形成するマルチストライプ構造の半導体レーザも報告されているが、その場合でも数 1 0 μ m 間隔の発光点となる。また、マルチストライプの半導体レーザの場合、導波路部のエピ成長が同一であるため、半導体レーザの発振波長を自由に制御するのが難しく、隣接する発光点の波長差を数 1 0 n m 以上とるのが困難になる。

【0 0 4 6】

さらに、4 0 0 n m 帯の短波長光を発生する場合、G a N 半導体レーザが必要となるが、現状では G a N のマルチストライプレーザは実現されていない。また、現在、室温連続発振に成功している G a N レーザは発振波長が 4 0 0 n m \pm 1 0 n m 程度に限られており、発振波長範囲を拡大すると信頼性等を劣化させると言う問題がある。また結晶成長が難しいため、波長の異なる活性層を基板に隣接して形成するのは困難である。即ち、現状の技術で半導体レーザにより複数の発振波長を単一または近接した発光部分から発生させるのは、非常に難しい。さら

に波長 4 0 0 n m 帯の青色領域において、多波長の光を単一または近接した発光部分から発生させるのはさらに困難である。

【 0 0 4 7 】

これに対し、本発明の多波長光源を用いると、波長変換技術により青色領域である 4 0 0 n m 帯の複数の波長の光を単一の光導波路デバイスより容易に出射できる。現在市販されている半導体レーザの発振波長は、A l G a A s 系で 7 8 0 ~ 8 8 0 n m 程度、A l G a I n P で 6 3 0 ~ 6 8 0 n m 程度であり、これらを用いれば、3 9 0 ~ 4 4 0 n m、3 1 5 ~ 3 4 0 n m の第 2 高調波を発生することが可能となり、多波長光源の発振波長はこれらのレーザの組み合わせにより自由に選択できる。また他の半導体レーザを用いればさらに、発振波長の選択範囲は広がる。

【 0 0 4 8 】

図 2 に、本発明の第 2 の光導波路デバイスを用いた多波長光源の構成を平面図で示す。基板 2 1 上に形成された 2 本の光導波路 2 2 - 1、2 2 - 2 は斜めの直線導波路として形成され、それぞれ僅かに位置が異なる出射部 2 6 で終端している。光導波路 2 2 - 1、2 2 - 2 には、それぞれ周期の異なる分極反転構造 2 3 - 1、2 3 - 2 が形成されている。半導体レーザ 2 5 - 1、2 5 - 2 から出射された基本波は、それぞれ光導波路 2 2 - 1、2 2 - 2 の入射部 2 4 - 1、2 4 - 2 に結合し、分極反転構造 2 3 - 1、2 3 - 2 で波長変換された後、出射部 2 6 より出射する。

【 0 0 4 9 】

多波長光源の構成としては、図 2 に示す斜めの直線導波路を用いる構成も有効である。図 1 に示す Y 分岐導波路 1 7 を形成すると、Y 分岐を構成する部分での曲がり導波路による伝搬損失を低減するため、導波路の曲率はなるべく小さくする必要があり、Y 分岐部分の長さが 1 m m 以上必要となり、図 2 の構成に比べて光導波路デバイスの長さを 1 . 1 ~ 1 . 2 倍に長くしなければならない。また、Y 分岐を構成する曲がり導波路、分岐部分では光導波路の伝搬定数が僅かに異なるため、分極反転による波長変換を直線導波路部分と同条件で行うことが難しく、この部分での波長変換を行うことが困難となる。これに対し、図 2 に示す斜め

の直線導波路を用いると、光導波路 2 2 - 1、2 2 - 2 のほぼ全長を波長変換に使用できるため、図 1 の構成に比べより高効率の光源を実現することができる。

【0 0 5 0】

また、光導波路の出射部は集光レンズに収差を生じない程度ならば、僅かに異なる位置に設定することも可能である。実際には、数 μm 程度ならば出射部の位置を離すことも可能である。同一の出射部にする場合には、光導波路を Y 分岐構造にする必要があり、光導波路が接近する部分で導波光のロスが生じない設計が必要となる。光導波路を僅かに離すことで導波路設計が容易になり、光導波路が合波する場合のロスを低減することが可能となる。

【0 0 5 1】

また、基本波光源となる半導体レーザーには、波長可変機能を有する光源が望ましい。QPM-SHG の位相整合波長許容度は 0.1 nm 程度と狭いので、高効率な波長変換を行うには、精密な波長制御が必要となる。従って、半導体レーザーの波長を制御して位相整合波長に合致させることで、高効率の波長変換が可能となる。用いた半導体レーザーは、光導波路部に DBR (Distributed Bragg Reflector) グレーティング部を有する構造であり、DBR グレーティング部に形成したヒータにより DBR グレーティングの反射波長を調整することで、半導体レーザーの発振波長を制御している。波長可変範囲は 2 nm 程度である。波長可変レーザーを用いることで、高効率の波長変換が可能になる。また、周囲の温度変化により位相整合波長が変動した場合も、半導体レーザーの発振波長を制御することで常に安定な出力が得られる。さらに、多波長光源では、位相整合波長を制御することで、出射する光を切り替えることも可能となる。例えば、半導体レーザーの発振波長を僅かにずらすことで、第 2 高調波の出力をゼロにすることが可能となり、出射する光を自由に選択することができる。

【0 0 5 2】

なお、本発明の多波長光源では、出力の変調方式として、半導体レーザーの出力または、発振波長を変調することで行ったが、他の変調方式として、光波長変換素子に出力変調機能を集積化することができる。光波長変換素子は、光導波路から構成され、高非線形材料は高い電気光学定数を有するので、光導波路上に電極

構造を集積化し、これに電圧を印加することで光導波路の屈折率を変化させることで、SHG出力を変調することができる。SHG素子による出力変調を行うと、半導体レーザの出力変調に対し安定な出力変調が可能となり有効である。その理由は、半導体レーザを出力変調すると、半導体レーザの発振波長が出力変動に伴いわずかに変動するためである。

【0053】

また、半導体レーザとしては、単一基板上に複数の活性層を有するマルチビーム半導体レーザの使用も可能となる。既に、2ビーム、3ビームレーザが実用化されており、単一基板に複数の半導体レーザを集積化可能である。発振波長の異なるレーザを集積化した半導体レーザの作製も可能である。多ビームの半導体レーザを用いると、半導体レーザの出射部に対する位置精度が高くなるため、半導体レーザと光導波路デバイスとの位置合わせが容易になる。複数の半導体レーザを光導波路デバイスに結合させるには、それぞれの半導体レーザの位置を精密に合わせる必要がある。集積化された半導体レーザの場合、位置合わせの回数が1回ですむため、アライメントプロセスが容易になり、多波長光源の作製時間を短縮することができる。また、複数の入射部間の距離を小さくすることもできる。異なる半導体レーザを用いる場合、半導体レーザチップの大きさを考慮すると入射部間の距離は数100 μm となり、導波路デバイスの幅もこれに比例して大きくなる。一方、入射部間が広い場合、導波路間距離を小さくするためY分岐部分の距離が大きくなり、光導波路デバイスの寸法が長さ方向に1.1～1.2倍に拡大する。これに対し、集積化された半導体レーザの場合、出射ビーム間隔は数10 μm 程度であり、光導波路デバイスの入射部間距離を1/10以下に小さくできるため、デバイス寸法を面積比で50%程度に削減できるため、基板材料費を1/2と大幅に低減できる。

【0054】

なお、本実施形態では、2つの半導体レーザ光源を用いた場合について説明したが、さらに多くの半導体レーザを用いても同様の構成が可能である。半導体レーザを多数用いることで多くの発振波長を有する多波長光源が実現できる。

【0055】

また、本発明の多波長光源は、半導体レーザへの戻り光を防止する役割を果たす点でも利点がある。半導体レーザは、共振器内に射出光が帰還した場合、モードのマルチ化、ノイズ発生等の問題が生じて光のコヒーレンスが低下する。これに対し、光導波路デバイスを介して高調波に波長変換することで、高調波成分を利用すれば、半導体レーザに帰還する光は高調波となり共振器へのノイズの影響はほとんどなくなる。さらに、デバイス構造を工夫することで、光導波路デバイスから半導体レーザに帰還する基本波を低減でき、より安定な出力特性が得られる。光導波路の入射部には、基本波の波長に対応した反射防止膜を施し、出射部には、2波長の基本波が存在するため多層膜の反射防止膜により、反射防止膜の波長帯域を広げるのが望ましい。さらに、基本波、高調波共に、反射防止可能な反射防止膜を堆積するのがより好ましい。これにより、高調波出力の反射損失が低減され10数%の出力向上が図れる。

【0056】

また、出射部を導波路の進行方向に対し斜めに形成する方法もある。出射部を基板の面内方向に4°程度傾けると、出射部から半導体レーザへの反射戻り光を1/100以下に低減でき安定な動作が可能となる。

【0057】

また、出射部の基板対向面の法線を基板表面に対し45°程度に傾けると、射出光を基板の表面または裏面から取り出すことができるので、基板表面へのグレーティング、検出器等の集積化が容易になり、小型の集積化光源を実現することができる。

【0058】

次に、本発明の他の光導波路デバイスを用いた多波長光源の構成について説明する。

【0059】

複数の光源からの光を波長変換する他の構成として、前述した様に、複数の光源からの光を波長変換した後、一つの光導波路内に合波する構成以外に、複数の光源を合波した後、波長変換する方法もある。

【0060】

図 3 に、本発明の第 3 の光導波路デバイスを用いた多波長光源の構成を平面図で示す。半導体レーザ 3 5 - 1、3 5 - 2 からの光は Y 分岐導波路 3 7 により合波され単一の光導波路 3 2 に導かれて、出射部 3 6 から出射される。光導波路 3 2 には周期性を有する分極反転構造 3 3 が形成されており、導波光を波長変換する。分極反転構造 3 3 は複数の領域（図 3 では領域 A と領域 B）に分割され、それぞれの半導体レーザ 3 5 - 1、3 5 - 2 の波長に合わせた分極反転周期を有する。分極反転による位相整合条件としては、位相整合波長の差が 1 n m 以上必要である。位相整合波長の条件が 1 n m 以下になると、位相整合特性が互いに干渉し、波長に対する S H G 出力特性の変動が大きくなる。

【 0 0 6 1 】

さらに、第 2 高調波に対する位相整合条件を有する分極反転領域に加えて、和周波に対する位相整合条件を満足する分極反転領域を加えると、発振波長をさらに高くすることができる。

【 0 0 6 2 】

なお、分極反転領域を分割することで位相整合する導波路長が短くなり変換効率が低下するという問題がある。この場合は、光導波路を基板端面で反射して折り返し使用することが有効である。端面には反射膜を形成する。方向性結合器を用いると、反射した光を 1 0 0 % もう一方の導波路に導くことが可能となる。反射器を用いると、基板面積は一定で長い光導波路が形成できるため、高効率の波長変換が行える。

【 0 0 6 3 】

また、反射器を用いた他の構造も作製可能である。図 4 及び図 5 に示すように、反射器を用いて光導波路を折り曲げ、光導波路の作用長を増大することで高効率化が図れ、基板を有効に使用することができる。

【 0 0 6 4 】

図 4 に、本発明の第 4 の光導波路デバイスを用いた多波長光源の構成を平面図で示す。この第 4 の光導波路デバイスは、導波路端面に反射器 4 8 - 1、4 8 - 2、4 9 - 1、4 9 - 1 を設けたことを特徴とする。

【 0 0 6 5 】

図 4 において、半導体レーザ 4 5 - 1 から出射された光は、入射部 4 4 - 1 から入射して光導波路 4 2 - 1 を伝搬し、分極反転構造 4 3 - 1 により第 2 高調波に変換される。一方、半導体レーザ 4 5 - 2 から出射された光も同様に、入射部 4 4 - 2 から入射して光導波路 4 2 - 2 を伝搬し、分極反転構造 4 3 - 2 により第 2 高調波に変換される。第 2 高調波への変換効率は数 1 0 % 以下であるから、半導体レーザ 4 5 - 1、4 5 - 2 から出射されて第 2 高調波に変換されなかった光は、反射器 4 9 - 1、4 9 - 2 で反射され中央の光導波路で合波される。ここで半導体レーザ 4 5 - 1、4 5 - 2 からの 2 つの波長の光は和周波に変換される。光導波路の出射部 4 6 からは、2 つの半導体レーザ 4 5 - 1、4 5 - 2 からの 2 つの基本波、それぞれの第 2 高調波、および 2 つの基本波の和周波の合計 5 波長の光を取り出すことができる。

【 0 0 6 6 】

この構成によれば、光導波路を折り返して使用することで、長い相互作用長を実現することができ、高効率化を図ることが可能になる。また、第 2 高調波と和周波を同時に取り出すことができるという利点を有する。

【 0 0 6 7 】

図 5 に、本発明の第 5 の光導波路デバイスを用いた多波長光源の構成を平面図で示す。この第 5 の光導波路デバイスは、多数の反射器 5 8 を用いて、長い相互作用長を実現している点に特徴がある。

【 0 0 6 8 】

図 5 において、半導体レーザ 5 5 - 1、5 5 - 2 から出射された光は、それぞれ入射部 5 4 - 1、5 4 - 2 から光導波路に入射し、分極反転構造 5 3 により波長変換される。導波路端面に設けた反射器 5 8 は、光導波路を伝搬する導波光を多数回にわたって反射する。多数の反射器 5 8 を用いることで、基板 5 5 の面積を大きくすることなく、光導波路の長さを長くすることができ、相互作用長を増大させることが可能になる。2 つの光は、光導波路 5 2 で合波し、出射部 5 6 から出射される。

【 0 0 6 9 】

(実施の形態 2)

以下では、実施の形態 1 に記載したような多波長光源を用いた光学システムについて説明する。

【0070】

図 6 に、本発明の多波長光源を用いた光学システムの概略構成図を示す。多波長光源 6 1 から出射された光は、コリメートレンズ 6 2 でコリメートされ、フィルター 6 3 を通った後、集光光学系 6 5 で集光され記録媒体 6 6 に集光される。記録媒体 6 6 からの反射光は、フィルター 6 3 により反射され、フォトディテクター 6 4 で検出される。記録媒体 6 6 に記録した信号を検出することで、情報を読みとることができる。

【0071】

本発明の多波長光源を用いた光学システムの特徴は、従来の単一波長光源に用いる場合と同様な簡易な光学系が使用できる点にある。半導体レーザを複数組み合わせ多波長光源を構成した場合、光源の発光点は数 1 0 0 μm 程度の間隔を有するため、コリメートレンズと集光レンズにより集光した場合に、大きな収差が生じて回折限界までの集光が困難になる。このため、特殊な集光レンズを用いるか、光学系内に収差補正用のグレーティング素子等の挿入が必要となり、光学調整に対しても高い精度が必要となる。本発明の光学システムは、光学システムの簡便性、光学調整の容易さの点で優れている。また、短波長の多波長光源を適用するのに非常に有効である。

【0072】

次に、本発明の多波長光源による記録媒体への光記録について説明する。波長に対する感度の異なる記録媒体と、多波長光源を用いれば、波長多重による高密度記録が可能である。記録媒体としては、ホールバーニング効果を有する媒体を用いて、異なる波長に感度を有する媒体を層状に堆積することで各層に対して異なる波長により記録再生が可能となるため、多層膜への光記録が可能となる。波長多重を利用する場合においても、記録波長の短波長化は重要である。短波長の光源を利用すれば、それぞれの波長における記録密度の向上が図れるため、高密度記録が容易になる。短波長の光源を利用すれば、波長の異なる光を利用して、記録密度を大幅に増大できる。例えば、20 nm 間隔に波長の異なる複数の光源

を3つ集積化すれば、3波長に対する波長多重記録が可能となる。

【0073】

また、波長分散を利用すれば、多層膜への同時記録が可能となる。例えば2波長の光源を用い、集光光学系の分散特性を利用し、それぞれの波長の光の集光点を異なる深さに設定する。2層の記録媒体を用い、記録媒体のそれぞれの記録層の厚みに合わせて、2波長の光がそれぞれの層に集光するように設定する。それぞれの光を別々に変調すれば、2層の記録媒体に同時に異なる記録が行える。2層への同時記録を行えば、記録速度、読み出し速度が2倍になり高速の記録再生光学システムが実現できる。

【0074】

さらに、干渉フィルタを用いれば1層目と2層目の光の分離が容易になる。干渉フィルタを挟んで2層の記録層を形成し、干渉フィルタにより2波長を分離する。即ち、1層目の記録層には2つの波長の光が到達するが、2層目には波長フィルタにより一方の波長しか到達しない。これにより、1層目の記録膜への記録再生時に2層目の膜に与える影響を低減することができる。干渉フィルタにより2波長を分離する場合、2波長の間隔は10nm以上が好ましい。というのは、干渉フィルタの分離波長の間隔が大きいほど分離比が大きくなり、また、分離波長の間隔が狭くなると、干渉フィルタを構成する多層膜の層数が大きくなるため膜厚が大きくなる。干渉フィルタの膜厚が大きくなると、干渉フィルタを透過する光の収差が増大するので、集光特性が劣化するという問題が生じるためである。

【0075】

さらに、多波長光源を用いると、高調波の多波長化に加えて基本波を利用することができる。前述したように多波長光源からは、高調波および基本波が共に射出される。このため、基本波の利用も可能となる。現行の記録媒体としてCD、CD-R、CD-RW等への記録再生は短波長光の使用は難しい。特にCD-R、CD-RWへは膜の吸収により短波長光は使用できない。これに対し、基本波の光を用いることで、CD、CD-R、CD-RW等への対応も容易になる。即ち、高密度記録再生に加え、現行の記録媒体に対する記録再生も行える光学システ

ムを一つの高波長光源により実現することができる。

【0 0 7 6】

(実施の形態 3)

次に、高波長光源を利用した他の光学システムについて説明する。

【0 0 7 7】

現行の相変化型光記録用の光源は、3つの光強度レベルを切り替えて使用している。即ち、再生レベル、消去レベル、記録レベルの3レベルである。光強度を再生レベルに設定して記録層の番地および記録内容を読み出し、消去レベルに設定して記録内容を消去し、また、記録レベルに設定して新しい記録内容の書き込みを行っている。従って、再生レベルと消去レベル、また再生レベルと記録レベルに光源の出力を高速に切り替えて使用している。しかしながら、光源の出力の切り替えとその安定化に時間を要するため、光記録の書き込み時間が遅くなるという問題があった。

【0 0 7 8】

これに対し、本発明の高波長光源を用いた光学システムを利用すると、再生と記録を異なる波長で行うことで、光源の出力の切り替えが必要でなくなり、高速の光記録が可能となる。光学システムとしては、図6の光学システムのフォトディテクタ64の前に波長フィルタを挿入し、2波長を分離した後、異なるフォトディテクタによりそれぞれの波長の光を検出する。一方の光を再生専用、他の光を記録および消去専用に使用することで、光の切り替えを行わない光記録が可能となる。また、高波長光源は発光点が同一であるため、同一の集光点に2波長の光を集光でき、記録と再生を同時に行うことができる。

【0 0 7 9】

さらに、記録と再生を同時に行うことで、記録している相変化膜の状態をリアルタイムで観測できる。この情報をフィードバックすることで、記録相変化膜への記録精度を大幅に向上することができる。光によって記録媒体に記録されるビットはその大きさおよび形状が微妙に変化すると記録ノイズになり、この記録ノイズが大きくなると再生信号が十分得られなくなるという記録密度の限界を決定している。これに対し、本発明の光学システムを使用すると、記録時に記録ピッ

トの情報を検出しながら記録を行うことができる。この情報をフィードバックしながら記録を行うことで、記録ピットの形状を精確に制御することが可能となる。従来の構成では、記録光によりピットの形状が観測可能であるが、記録光は高い周波数で変調されているため縦モードがマルチ化しており、高精度で記録部分の状態を観測するのは難しかった。しかしながら、本発明の光学システムによれば、記録光は、従来通り高い周波数で変調されてマルチモード化しているが、モニター光はCW発振しているので、低ノイズで記録部分の状態を観測することが可能となった。

【0080】

また、本発明の光学システムによれば、記録ノイズを大幅に低減でき、記録密度を増大することが可能となる。例えば、410nmと420nmの多波長光源を用いれば、波長差による集光特性の差を防止する色収差補正のレンズを用いるだけで、同一の集光点に回折限界の集光スポットを実現できる。これは、同一の発光点を有する多波長光源によってのみ実現できる特性である。これによって、高密度の光記録が可能になった。

【0081】

また、記録方法として2波長または多波長の光を異なる変調度により変調しながら記録することが可能となる。すなわち、一方の波長の光を連続発振（CW）動作させ、他方の光を高周波で変調する。これを組み合わせることにより、変調波形を自由に制御することができる。SHG出力は基本波パワーの2乗に比例して増大するため、入力光を変調することでSHG出力の大幅な増大が可能となる。

【0082】

（実施の形態4）

次に、本発明の光学システムによる光学情報記録媒体として相変化型光ディスクへの記録について説明する。相変化型光ディスクの記録膜を多層化することで、記録密度の増大が図れる。しかしながら、多層膜記録を実現するには、各層の透過及び吸収特性の最適化が重要である。例えば、2層膜記録の場合、1層目の吸収係数が大きいと1層目の記録は容易になるが、透過特性が劣化するため、2

層目の記録に多大なパワーを必要とする。第1及び第2の記録媒体を共に良好に記録再生するためには、波長 λ における両記録層の光吸収比と第1の記録媒体の光透過率が所定の条件を満たさなければならない。ここで、光吸収比とは、記録層が結晶状態であるときの記録層の光吸収率を A_c （％）、記録層が非晶質状態であるときの記録層の光吸収率を A_a （％）としたときの A_c/A_a である。

【0083】

登録特許第2094839号公報によれば、良好な消去率確保のためには結晶状態と非晶質状態の昇温速度を揃えることが重要で、その条件として $A_c/A_a \geq 1.0$ を満足することが開示されている。また、第1の記録層が結晶状態であるときの第1の記録媒体の光透過率を T_c （％）、第1の記録層が非晶質状態であるときの第1の記録媒体の光透過率を T_a （％）としたとき、第2の記録媒体は第1の記録媒体を透過してきたレーザ光で記録再生するため、 T_c と T_a はより高い方が望ましい。しかし逆に高すぎると、入射光の配分から考えて、 A_a と A_c が小さくなり第1の記録媒体の記録が困難になる。レーザ波長660nm近傍での発明者の記録実験により、第1及び第2の記録媒体共に良好な記録再生特性を得るには、 $T_c \geq 45$ 且つ $T_a \geq 45$ を満足する必要があることがわかって

【0084】

ここで、記録再生する波長 λ における多層構成の記録媒体の光反射率 R 、光透過率 T 、および各層の光吸収率 A などの光学的特性は、その波長における各層の複素屈折率（屈折率と消衰係数）がわかれば、例えばマトリクス法（例えば、久保田広著「波動光学」（岩波新書、1971年）の第3章を参照）により厳密に算出することができる。したがって、各層の複素屈折率の波長依存性は、多層構成の光学特性を決定する重要要素である。

【0085】

発明者の短波長記録の計算によると、記録層の複素屈折率の波長依存性が大きいことに起因して、波長400nm近傍では第1の記録層の光吸収比 ≥ 1.0 と第1の記録媒体の光透過率 $\geq 45\%$ とを同時に満足することが難しい。この場合、第1の記録媒体の消去率が不十分になるか、または第2の記録媒体へ到達する

レーザ光が不十分で第2の記録媒体の記録パワーが不足するという事態が生じる。
 図7は、光学情報記録媒体の一構成例を断面図で示している。この光学情報記録媒体は、第1の基板73上に第1の下側光干渉層71-1、第1の下側界面層71-2、第1の記録層71-3、第1の上側界面層71-4、第1の上側光干渉層71-5、第1の反射層71-6を順次積層し、次に第2の基板74上に第2の反射層72-6、第2の上側光干渉層72-5、第2の上側界面層72-4、第2の記録層72-3、第2の下側界面層72-2、第2の下側光干渉層72-1を順次積層して構成されている。第1の下側光干渉層71-1から第1の反射層71-6までの多層構成が第1の記録媒体71であり、第2の下側光干渉層72-1から第2の反射層72-6までの多層構成が第2の記録媒体72である。第1の記録媒体71が形成された第1の基板73と、第2の記録媒体72が形成された第2の基板74とは接着層75で貼り合わせられる。

【0086】

第1の基板73及び第2の基板74としては、円盤状で、レーザビームを導くための案内溝が形成された、ポリカーボネート、アモルファス・ポリオレフィンまたはPMMAなどの樹脂またはガラスを用いることができ、透明で表面の平滑なものを使用する。

【0087】

接着層75は、透明な光硬化性樹脂や透明な遅効性樹脂を使用できる。本構成では、接着層75が隔離層の機能も兼ね備えている。

【0088】

図8は、図7に示す光学情報記録媒体に対する記録再生方法を模式的に示している。例えば、図7の光学情報記録媒体を記録再生する場合、第1の記録媒体71の記録再生は波長 λ_1 の第1のレーザ光80で行い、第2の記録媒体72の記録再生は波長 λ_2 の第2のレーザ光81で行う。図8において、 R_1 は、波長 λ_1 に対する第1の記録媒体71の反射率、 T_1 は、波長 λ_1 に対する第1の記録媒体71の光透過率、 T_2 は、波長 λ_2 に対する第1の記録媒体71の光透過率、 R_2 は、波長 λ_2 に対する第2の記録媒体72の反射率である。第2の記録媒体72を良好に記録再生するためには、 $T_2 \geq 45\%$ が望ましい。

【0089】

次に、本発明者は、図7に示す第1の記録媒体71の多層構成の光学計算を行った。膜厚は、第1の下側光干渉層71-1の膜厚と第1の上側光干渉層71-5の膜厚を変数として、第1の下側界面層71-2と第1の上側界面層71-4の膜厚を5nm、第1の記録層71-3の膜厚を6nm、第1の反射層71-6の膜厚を10nmとした。材料は、光干渉層としてZnS-20mol%SiO₂、界面層としてGeN、記録層としてGeSbTe、反射層としてAg合金を選んだ。記録層結晶状態と記録層非晶質状態の反射光量の変化がより大きく、また光吸収比が最も大きくなる光干渉層の膜厚として、第1の下側光干渉層71-1が $36\lambda/64n$ (nm)で第1の上側光干渉層71-5が $12\lambda/64n$ (nm)の組み合わせを選び、そのように構成したときの、波長 λ_1 に対する光吸収比 A_c/A_a 、第1の記録層71-3がそれぞれ結晶状態、非晶質状態である場合の透過率 T_c 、 T_a を表1に示す。

【0090】

【表1】

λ_1 (nm)	第1の記録媒体		
	A_c/A_a	T_c (%)	T_a (%)
400	1.07	55.7	48.9
410	1.12	54.3	48.3
420	1.16	52.7	47.4
430	1.20	51.1	46.9
440	1.24	49.8	46.3
450	1.28	48.3	45.7

【0091】

表1に示す結果から、第1の記録媒体71の光吸収比 A_c/A_a は波長が短くなるほど小さくなり、光透過率 T_c 、 T_a は波長が短くなるほど大きくなること

がわかった。

【0092】

次に、この結果をもとに、第1の記録媒体71及び第2の記録媒体72を波長 λ_1 に対して光学設計した。さらに、図7に示す構成で光学情報記録媒体を6種類試作した。第2の記録媒体72の設計膜厚は、 ZnS-SiO_2 からなる第2の下側光干渉層72-1が $6\lambda/64n$ (nm)、GeNからなる第2の下側界面層72-2が5nm、GeSbTeからなる第2の記録層72-3が10nm、GeNからなる第2の上側界面層72-4が5nm、 ZnS-SiO_2 からなる第2の上側光干渉層72-5が $20\lambda/64n$ (nm)、Ag合金からなる第2の反射層72-6が80nmである。単一波長 λ_1 で第1の記録媒体71及び第2の記録媒体72のCNR (キャリア対ノイズ比) と消去率を測定した。測定は、パルステック製ドライブにレーザ波長の異なる光ヘッドを載せ換えて行った。線速度は5m/sである。CNRは3T信号を10回記録して振幅とノイズレベルから得た。引き続き11T信号を測定済み3T信号の上に1回重ね書きして3T信号の振幅を測定し、振幅低下分から消去率を得た。第1の記録媒体71の消去率 E_{rs} (dB) と第2の記録媒体72の記録感度 P_p/P_b を評価した結果を表2に示す。記録は溝上記録である。記録感度は $\text{CNR} = 50\text{ dB}$ なるピークパワー (mW) とバイアスパワー P_b (mW) で定義した。

【0093】

【表 2】

光学情報記録媒体 番号	$\lambda 1$ (nm)	第 1 の記録媒体 Ers.(dB)	第 2 の記録媒体 Pp(mW)/Pb(mW)
光学情報記録媒体 A	400	20	11.7/4.9
光学情報記録媒体 B	410	24	12.0/5.1
光学情報記録媒体 C	420	28	12.4/5.3
光学情報記録媒体 D	430	33	12.8/5.4
光学情報記録媒体 E	440	36	13.1/5.6
光学情報記録媒体 F	450	40	13.5/5.7

【0094】

表 1 に示す計算結果及び表 2 に示す測定結果から、 A_c/A_a が 1.0 以上あれば消去率が 20 dB 得られ実用可能となり、さらに 1.2 以上あれば 30 dB 以上の消去率が得られるので 1.20 以上がより好ましい。したがって、第 1 の記録媒体 71 は波長 430 nm 以上で記録再生することが好ましいことがわかる。

【0095】

第 2 の記録媒体 72 の記録感度については、 $\lambda 1$ が短いほど高感度化傾向にある。これは、表 1 の計算結果と傾向が合っており、第 1 の記録媒体 71 の透過率が高い方が第 2 の記録媒体 72 は高感度化できる。従って、第 2 の記録媒体 72 の記録感度に対しては記録波長はより短い方が好ましい。この場合は 420 nm 以下が好ましい。

【0096】

以上の結果から、第 1 の記録媒体 71 と第 2 の記録媒体 72 は、記録再生に好ましい波長が一致しないことが分かった。

【0097】

そこで、図 8 に示すように第 1 の記録媒体 7 1 を波長 $\lambda 1$ で記録再生し、第 2 の記録媒体 7 2 を $\lambda 1$ にごく近い範囲内にある波長 $\lambda 2$ で記録再生することを考えた。その場合の第 1 の記録媒体 7 1 の波長 $\lambda 2$ に対する透過率を表 1 を得たのと同様に光学計算した。この場合、第 1 の記録媒体 7 1 は $\lambda 1$ に対して設計膜厚を決定するので、波長の異なる $\lambda 2$ に対しては光干渉層の光学長が変わる。波長 $\lambda 1$ に対する第 1 の記録媒体 7 1 の光吸収比は表 1 に示した通りである。 $\Delta \lambda = \lambda 1 - \lambda 2$ とし、 $\lambda 1 = 430$ である場合の、 $\Delta \lambda$ に対する透過率の変化を計算した。結果を表 3 に示す。

【0098】

【表 3】

$\Delta \lambda$ (nm)	Tc (%)	Ta (%)
-20	46.7	45.0
-10	49.1	45.9
10	53.3	48.1
20	56.5	50.9
30	58.9	52.6

【0099】

表 3 から、 $\Delta \lambda$ が大きいほど第 1 の記録媒体 7 1 の透過率は大きくなることがわかる。 $\lambda 1 = 430$ nm の光吸収比は 1.20 が得られているので（表 1）、十分な光吸収比と高い透過率が両立できる。

【0100】

表 3 の計算結果から、2 波長使用した場合の第 1 の記録媒体 7 1 の透過率の波長依存傾向が得られた。より好ましい波長 $\lambda 1$ は、430 nm から 450 nm で、波長 $\lambda 2$ は $\lambda 1$ より小さいことが好ましい。

【0101】

次に、 $\lambda 1 = 430$ nm と 450 nm、 $\lambda 2 = 400$ nm の 2 種類の波長の組合せに対して、光学情報記録媒体を試作し、第 1 の記録媒体 7 1 と第 2 の記録媒

体 72 の溝上の CNR と消去率を測定した。測定は、パルスチック製ドライブに波長 λ_1 の光ヘッドと波長 λ_2 の光ヘッドを載せ換えて行った。

【0102】

第 1 の記録媒体 71 は λ_1 に対して設計膜厚を決定し、第 2 の記録媒体 72 は λ_2 に対して設計膜厚を決定して、図 7 に示す光学情報記録媒体を試作した。第 1 の記録媒体 71 の消去率 E_{rs} (dB)、第 2 の記録媒体 72 の記録感度 P_p/P_b を評価した結果を、表 4 に示す。

【0103】

【表 4】

波長数	光学情報記録媒体 番号	λ_1 (nm)	λ_2 (nm)	第 1 の記録媒体 E_{rs} (dB)	第 2 の記録媒体 P_p (mW)/ P_b (mW)
2	光学情報記録媒体 G	430	400	33	11.1/4.7
2	光学情報記録媒体 H	450	400	40	10.4/4.4

【0104】

この測定結果から、単一波長で記録再生するよりも、 $\lambda_1 > \lambda_2$ の 2 波長で記録再生した方が、30 dB 以上の第 1 の記録媒体 71 の消去率が得られ、且つ $\Delta\lambda$ が大きいほど第 2 の記録媒体 72 の記録感度がより高くなることが検証できた。

【0105】

次に、本発明の多波長光源を用いた光学システムにより 2 波長記録を実施する。用いた光源は、波長 860 nm と波長 800 nm の市販の半導体レーザを波長変換素子に結合し、 $\lambda_1 = 430$ nm、 $\lambda_2 = 400$ nm の多波長光源を構成した。その多波長光源を用いて、光学情報記録媒体の第 1 の記録媒体 71 及び第 2 の記録媒体 72 の溝上における、記録感度、CNR、消去率、ジッター値を測定した。この測定結果を表 5 に示す。

【0 1 0 6】

【表 5】

第 1 の記録媒体				第 2 の記録媒体			
Pp(mW) /Pb(mW)	CNR (dB)	消去率 (dB)	ジッタ値 (%)	Pp(mW) /Pb(mW)	CNR (dB)	消去率 (dB)	ジッタ値 (%)
11.8/5.2	53	39	9.6	10.3/4.4	55	32	9.1

【0 1 0 7】

表 5 に示すように、上記多波長光源を用いた光学システムを用いることで、多層膜への記録再生において良好な特性が得られた。

【0 1 0 8】

本発明の多波長光源は、短波長領域において複数の出射波長を発生できると共に、発振波長の設定が容易にできるため、相変化膜の記録再生に必要な設計波長を容易に発生することが可能となり、高密度の記録再生光学システムを構成することができた。さらに、出射光を単一の発光点より出射できるため、簡便な光学システムで多波長光源を使用できるという利点を有する。

【0 1 0 9】

また、前述した 2 波長により記録と再生を同時に行う構成は 2 層の記録にも適用できる。例えば、波長 4 0 0 n m と 4 3 0 n m の 2 波長光源を用いる場合、第 1 層を記録する場合は 4 3 0 n m の光を記録光とし、4 0 0 n m の光を再生光とする。第 2 層の場合はその逆となる。その構成において、記録時の記録ピットの情報をフィードバックしながら記録を行うことで、記録ピットの形状を精確に制御することができ、記録ノイズを低減して高密度記録を達成することが可能になる。

【0 1 1 0】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の光導波路デバイス、これを用いた多波長光源、及びこれを用いた光学システムによれば以下の効果を奏する。

【0 1 1 1】

(1) 異なる位相整合特性を有する複数の光導波路により、光源からの異なる波長の基本波を同時に波長変換することができ、同一または近接位置に設けた出射部から多波長の出射光が出射されるため、同一点光源からの出射光となり、色収差補正を行った対称構造の集光レンズ系を用いると、光学情報記録媒体に対して回折限界までの集光が可能となる。

【0 1 1 2】

(2) 光導波路デバイスに反射器を設けることにより、少ない基板面積で長い光導波路が形成できるため、基板面積の有効利用と波長変換の高効率化が実現できる。

【0 1 1 3】

(3) 光導波路デバイスの光導波路を第 2 高調波に対する位相整合条件を満足するように構成し、現在市販されている異なる波長の半導体レーザを光導波路デバイスに結合することで、青色発光領域である 4 0 0 n m 帯の複数の波長の光を単一の光導波路デバイスより容易に出射でき、光学情報記録媒体への高密度光記録が可能になる。

【0 1 1 4】

(4) 位相整合波長が狭い Q P M - S H G 素子の許容度に対して、コヒーレント光源の波長を可変制御して位相整合波長に合致させることで、高効率の波長変換が可能となるだけでなく、周囲の温度変化により位相整合波長が変動した場合でも、コヒーレント光源の波長を可変制御することで、常に安定な出力が得られる。さらに、位相整合波長を制御することで、出射する光を切り替えることも可能となる。

【0 1 1 5】

(5) 特殊な集光レンズや、光学系内に収差補正用のグレーティング素子等を設ける必要がないので、簡易な光学システムとなり光学調整も容易になる。また

、短波長の多波長光源を適用するうえで非常に有効となる。

【0116】

(6) 光学システムに設けた集光レンズ系の分散特性を利用することにより、光学情報記録媒体に対する複数の波長を有する光の集光点を異なる深さに設定することで、多層膜への同時記録が可能となり、例えば2層の記録層を有する光学情報記録媒体を用いると、記録及び再生速度が2倍になり高速の記録再生光学システムが実現できる。

【0117】

(7) 光学システムに設けた波長フィルタの分離特性を利用することにより、多波長光源から光学情報記録媒体への異なる波長の光を分離したり、光学情報記録媒体からフォトディテクタへの異なる波長の検出光を分離することで、2層の記録層を有する光学情報記録媒体に対して2波長の光により記録再生を行う場合、1層目の記録層には2つの波長の光が到達するが、2層目の記録層には一方の波長しか到達しない構成にすることで、2波長を分離し、1層目の記録層への記録再生時に2層目の記録層に与える影響を低減することができる。

【0118】

(8) また、波長フィルタにより光学情報記録媒体からの2波長の反射光を分離した後、異なるフォトディテクタによりそれぞれの波長の光を検出することで、1層目と2層目の記録層に対する同時再生が可能になる。

【0119】

(9) また、一方の光を再生専用、他の光を記録および消去専用に使用することができ、光源の光出力の切り替えを行わない高速の光記録が可能となる。

【0120】

(10) さらに、多波長光源は発光点が同一であるため、光学情報記録媒体の同一の集光点に2波長の光を集光でき、記録と再生を同時に行うことができるので、記録時に記録情報をリアルタイムに検出することで、記録媒体に形成する記録ピットの形状を精確に制御することができ、記録密度を大幅に増大させることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の光導波路デバイスを用いた多波長光源の構成を示す
平面図

【図 2】 本発明の第 2 の光導波路デバイスを用いた多波長光源の構成を示す
平面図

【図 3】 本発明の第 3 の光導波路デバイスを用いた多波長光源の構成を示す
平面図

【図 4】 本発明の第 4 の光導波路デバイスを用いた多波長光源の構成を示す
平面図

【図 5】 本発明の第 5 の光導波路デバイスを用いた多波長光源の構成を示す
平面図

【図 6】 本発明の多波長光源を用いた光学システムの構成図

【図 7】 本発明の光学システムに用いる光学情報記録媒体の一構成例を示す
断面図

【図 8】 図 7 に示す光学情報記録媒体に対する記録再生方法を示す模式図

【図 9】 第 1 の従来例による光導波路デバイスの構成を示す平面図

【図 10】 第 2 の従来例による光導波路デバイスの構成を示す平面図

【符号の説明】

1 1、2 1、3 1、4 1、5 1 基板

1 2-1、1 2-2、2 2-1、2 2-2、3 2、4 2-1、4 2-2、5 2
光導波路

1 3-1、1 3-2、2 3-1、2 3-2、3 3、4 3-1、4 3-2、5 3
分極反転構造

1 4-1、1 4-2、2 4-1、2 4-2、3 4-1、3 4-2、4 4-1、
4 4-2、5 4-1、5 4-2 入射部

1 6、2 6、3 6、4 6、5 6 出射部

1 5-1、1 5-2、2 5-1、2 5-2、3 5-1、3 5-2、4 5-1、
4 5-2、5 5-1、5 5-2 半導体レーザ

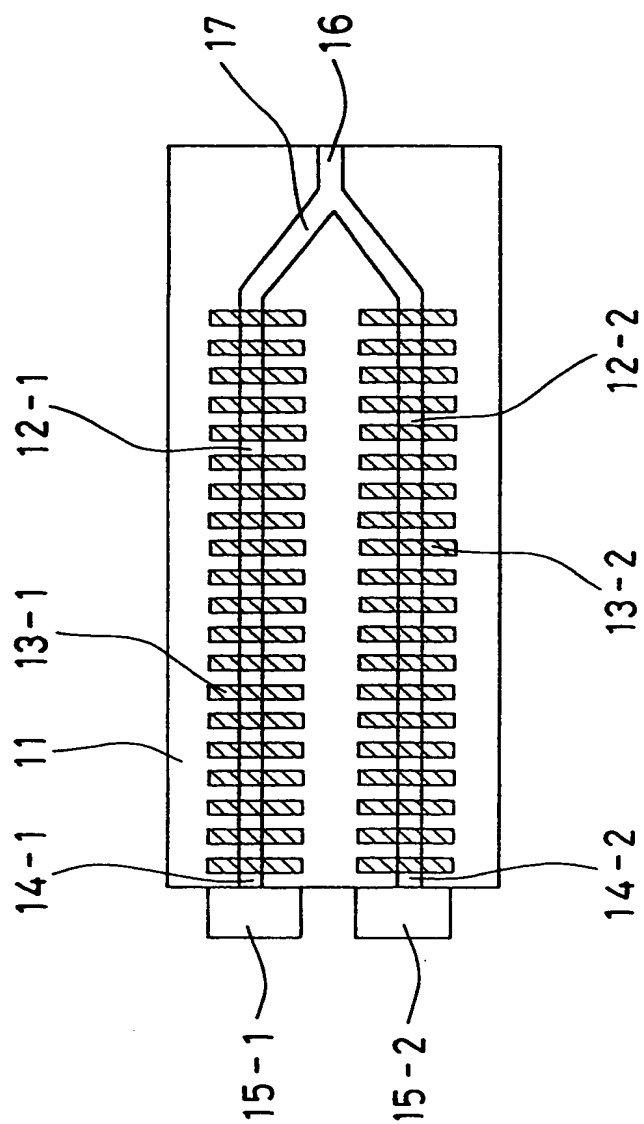
1 7、3 7 Y分岐導波路

4 8-1、4 8-2、4 9-1、4 9-2、5 8 反射器

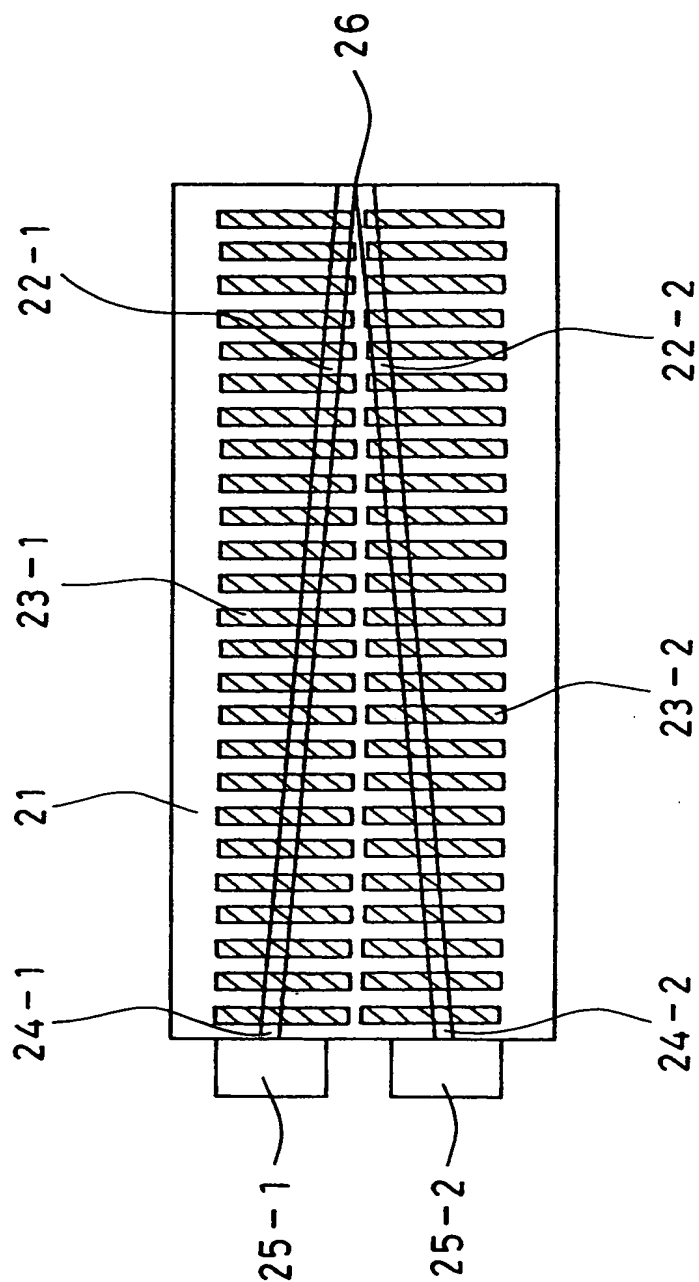
- 6 1 多波長光源
- 6 2 コリメートレンズ
- 6 3 フィルタ
- 6 4 フォトディテクタ
- 6 5 集光光学系
- 6 6 記録媒体

【書類名】 図面

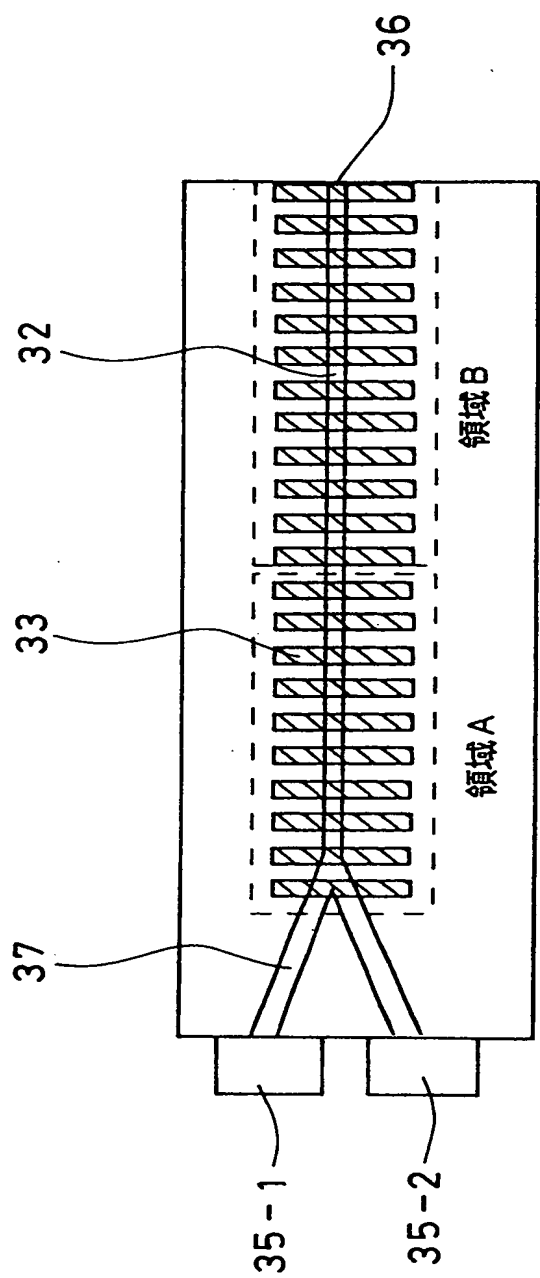
【図 1】



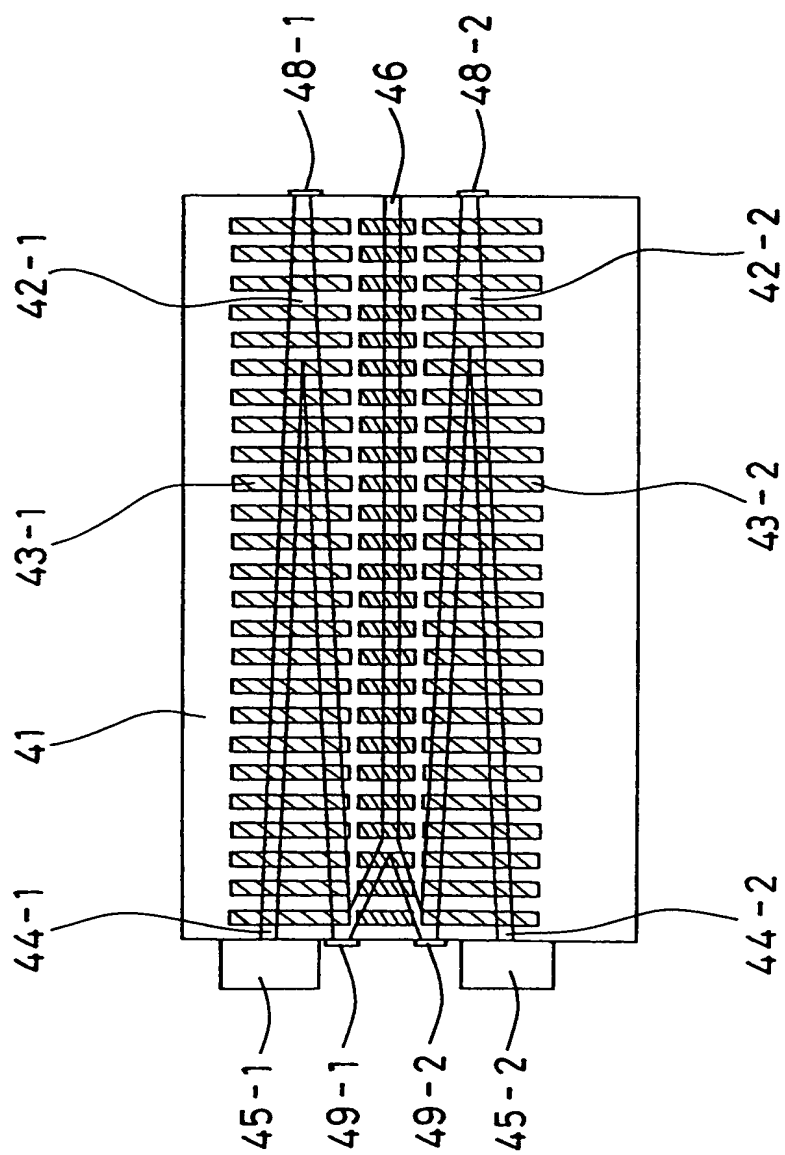
【図 2】



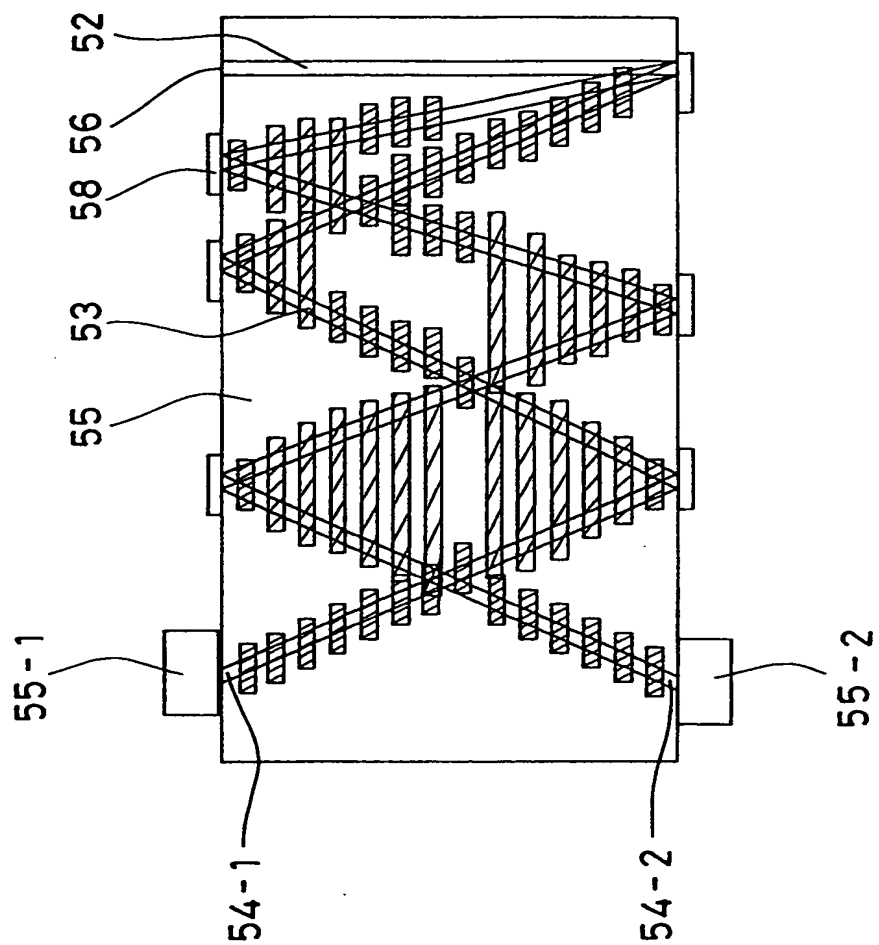
【図 3】



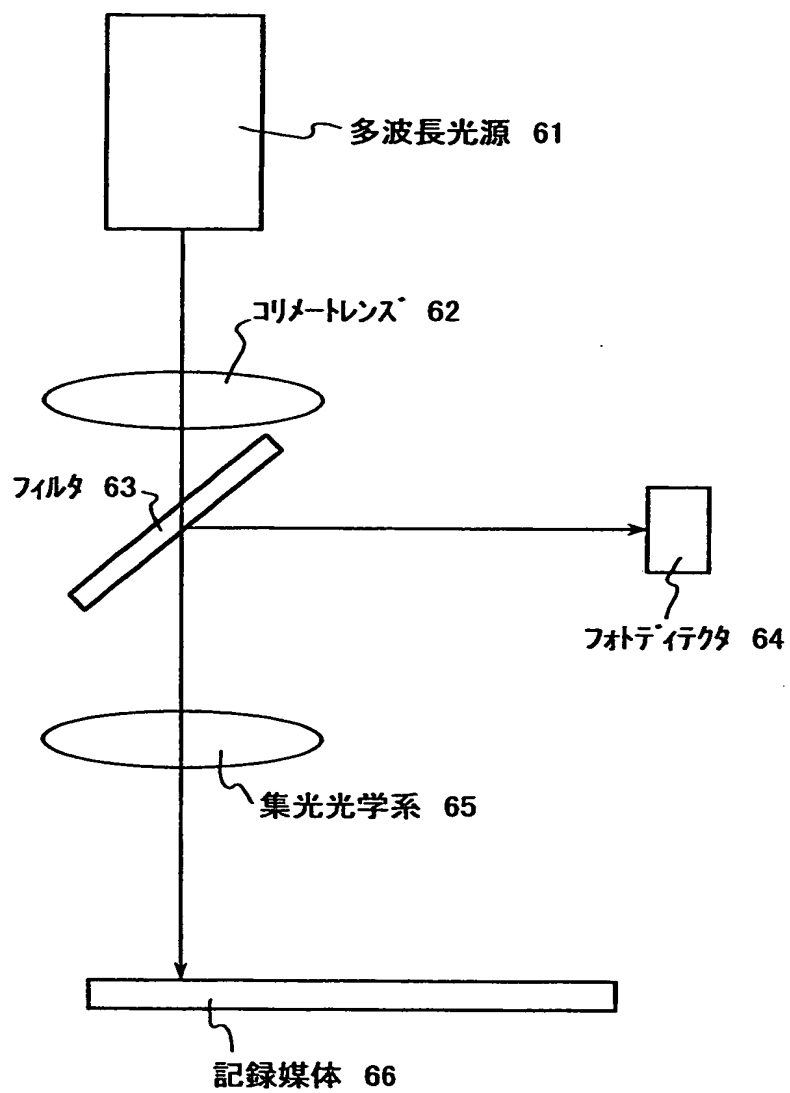
【図 4】



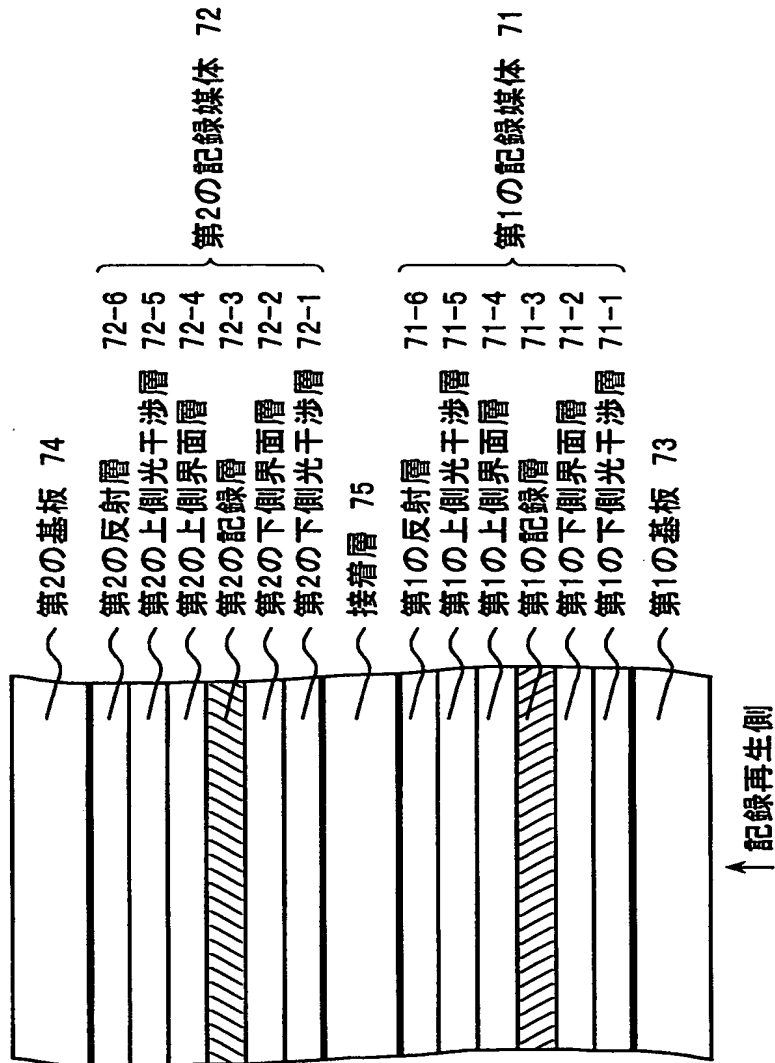
【図 5】



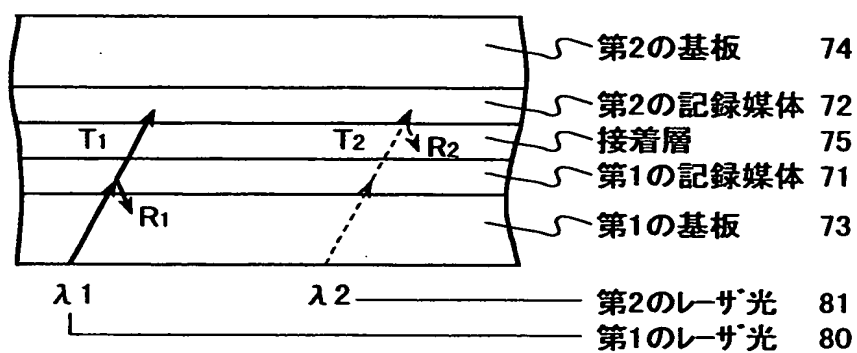
【図 6】



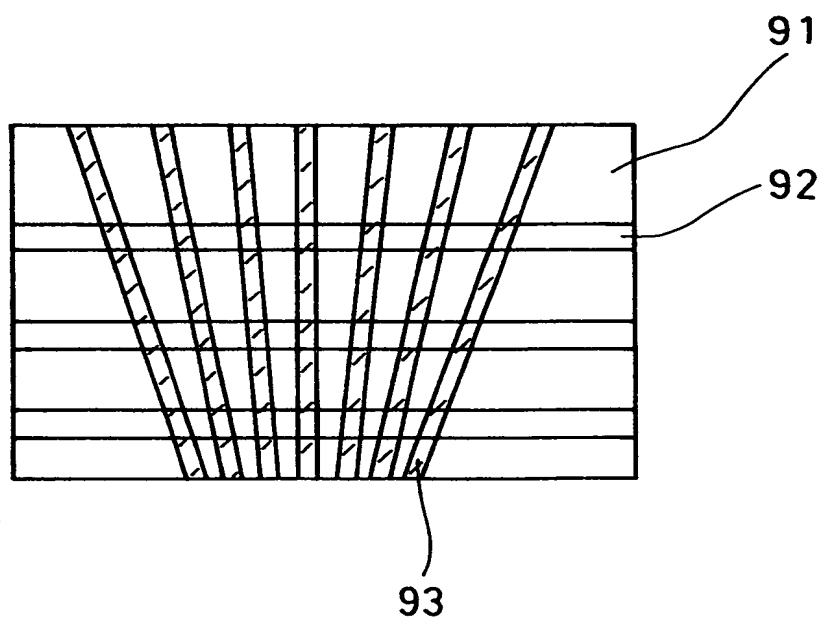
【図 7】



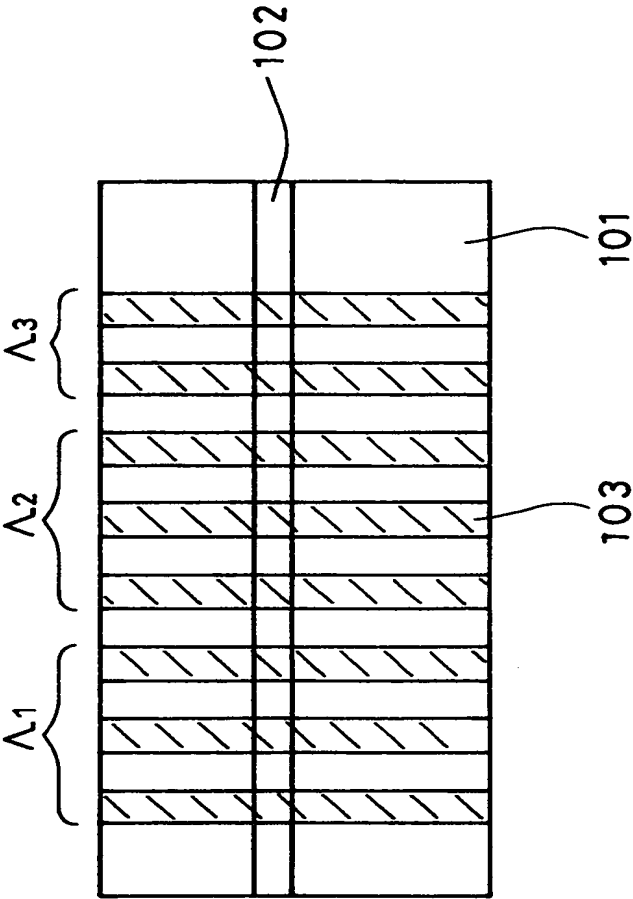
【図 8】



【図 9】



【図 1 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 波長の異なる多波長のコヒーレント光を同時に射出可能な光導波路デバイス、この光導波路デバイスと光源を一体化した多波長光源、及びこの多波長光源を用いた光学システムを提供する。

【解決手段】 基板 1 1 と、該基板の表面近傍に形成した複数の光導波路 1 2－1、1 2－2 と、これら光導波路の一端に形成した入射部 1 4－1、1 4－2 と、光導波路の他端に形成した射出部 1 6 とを備えた光導波路デバイスに、複数の光導波路が互いに異なる位相整合条件を満足し、複数の光導波路の射出部を略同位置に設けた。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名 松下電器産業株式会社